

EMPACADORAS: TAMAÑO, SENSÓRICA Y OTROS AVANCES TÉCNICOS

Autores:

Luís Ruiz García, Loredana Lunadei

*Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos
Universidad Politécnica de Madrid*

Dentro de la producción de forrajes, el empaçado es una operación delicada, ya que la forma, dimensiones y densidad de las pacas condiciona la facilidad de manipulación, almacenamiento y posterior conservación. El forraje solo se debe empaçar cuando el porcentaje de humedad es el correcto, por lo cual el tiempo disponible para empaçar es limitado y en algunos casos muy corto. Son en esos momentos cuando se valora el disponer de una máquina fiable que no falle. Sea con heno, paja ó forraje, una empaçadora siempre debe trabajar sin averías y con un buen rendimiento. Sólo así compensa a los agricultores y empresas de servicios la adquisición de una máquina de tales características.

Como en otro tipo de máquinas, en los últimos años, las empaçadoras no han escapado a la tendencia general de “cuanto más grande mejor”. De un tiempo a esta parte se han ido abandonado el uso de las pequeñas pacas prismáticas (de planta rectangular), para pasar a las pacas cilíndricas y a las prismáticas de grandes dimensiones o macro-pacas. El uso de rotoempaçadoras y de empaçadoras de grandes pacas prismáticas o macroempaçadoras se ha ido extendiendo por toda geografía española. Este aumento de tamaño, ha permitido un considerable incremento de la capacidad de trabajo tanto en el empaçado, como en la manipulación y el transporte. Ahora bien, partiendo de la base de que es más eficiente el uso de máquinas de mayores dimensiones, y que esta mayor inversión se compensan por un menor coste en €/Kg de forraje recogido, cabe preguntarse cuál es tipo de máquina que más conviene comprar: si es mejor adquirir una rotoempaçadora o por el contrario procede más la compra de una macroempaçadora.

ROTOEMPACADORAS VS. MACROEMPACADORAS

La principal ventaja de las rotoempaçadoras frente a las macroempaçadoras es el menor precio de las primeras. Pero no debemos olvidar que si se adquiere cualquiera de los dos tipos también es necesario contar con equipos

de carga mecánicos, como los cargadores telescópicos, que permitan manipularlas, pues debido a su tamaño es imposible moverlas a mano. El sobrecoste que supone el adquirir estos equipos adicionales se debe tener en cuenta. Así pues, el resultado es son cadenas de máquinas como por ejemplo: Segadora-Hilerador-Empaçadora-Cargador-Remolque, que permiten una mecanización integral de los cultivos forrajeros de tal manera que con solo 1 o 2 personas es posible manejar grandes cantidades de forraje.



Si se opta por las pacas cilíndricas, el mayor inconveniente puede ser la dificultad del transporte a larga distancia –por su forma de cilindro- y el apilado, se puede optar por distintas conformaciones pero siempre quedaran huecos entre unas pacas y otras, cosa que no ocurre en el caso de las pacas prismáticas. Otra decisión para el comprador es optar entre una rotoempaçadora de cámara fija o por el contrario comprar una de cámara variable. Las de cámara fija forman pacas, que suelen ser, de 1,20 m de diámetro por 1,20 m de ancho. En las rotoempaçadoras de ▶▶▶

►►► cámara variable las medidas de paca van desde un diámetro mínimo de 0,8 m hasta máximos de 1,6 m o 1,85 m, manteniendo la anchura de paca en torno a 1,2 m. Las de cámara fija son más económicas, sencillas, robustas y fáciles de reparar. En cambio, las de cámara variable son más caras, complejas, delicadas y su mantenimiento puede entrañar mayor dificultad, aunque por supuesto las pacas obtenidas con las de cámara variable son sustancialmente mejores, ya que se consigue una mayor densidad y homogeneidad en todo el volumen de la paca.



Es habitual escuchar el argumento de que las rotoempacadoras son más convenientes porque en combinación con las encintadoras permiten la elaboración de micro-silos. Sin embargo, con las nuevas encintadoras para macropacas este argumento carece de valor, puesto que estas nuevas máquinas son capaces de envolver pacas prismáticas de grandes dimensiones.

También se suele mencionar el hecho de que las rotoempacadoras, en general, son máquinas discontinuas, es decir, que necesitan parar durante el atado y descarga de la paca. Si bien este hecho es cierto, es obligado mencionar que hay modelos que incorporan el sistema sin paradas conocido por su terminología en inglés como “non-stop”, que permite que la máquina no se tenga que detener.



Para la productividad del trabajo con empacadora son determinantes dos factores. Primero: ¿Cuánto caudal logra la empacadora? Segundo: ¿Cuántas pacas es capaz de mover la cadena de recolección? Las nuevas macroempacadoras prometen rendimientos de hasta 60 toneladas de paja empacada por hora, en pacas de mayor densidad, alcanzando los 200 bares de presión de empacado y más de 40 carreras del pistón por minuto. Lo cual permite reducir el número de pacas por hectárea, facilitando así las tareas de manipulación. Las dimensiones de las pacas dependen a su vez del tamaño del canal de compresión, cuyas dimensiones varían según el fabricante (ver tabla 1), el ancho oscila entre 80 y 120 cm, el alto entre 70 y 130 y la longitud entre 100 y 320 cm.

La nueva precámara conmutable garantiza un óptimo relleno del canal cuando se tienen hileras pequeñas. Aquí se reúne el material, hasta que la precámara esté llena y se alcance la presión preseleccionada. Es entonces cuando el acarreador de accionamiento hidráulico vuelve a realizar un movimiento hacia arriba, empujando el material en el canal de prensado.

SENSÓRICA

Estás máquinas no han sido ajenas a la implementación de sensores que se ha producido en el ámbito de la maquinaria agrícola en los últimos años. La información sobre el estado del producto procesado es sumamente necesaria, por ello es habitual encontrar empacadoras con sensores de humedad, presión y de pesado de las pacas.

* *Sensores de humedad*

El sensor de humedad evita que se trabaje con material que no está en las condiciones idóneas para ser empacado y en combinación con un aplicador de aditivos permi- ►►►

Tabla 1. Dimensiones de las pacas según fabricantes

		Fabricantes				
		Claas	Krone	Massey Ferguson	New Holland	Lely Welger
Dimensiones, ancho x alto (cm)	80 x 70	•		•	•	•
	80 x 90		•		•	
	120 x 70	•	•		•	•
	120 x 90		•		•	
	120 x 100	•				
	120 x 130		•			
Longitud máxima (cm)		300	320	274	260	250

►►► te una dosificación más precisa de estos productos. Para medir la humedad se dispone de normalmente dos estrellas que se clavan en el forraje según va formándose la paca, con lo cual se obtienen mediciones continuas y en multitud de puntos a lo largo de toda la parcela. Aunque debido al gran tamaño de las pacas, las medidas no son muy rigurosas, puesto que solo se obtienen datos del contenido en humedad de la superficie de la paca y no de las zonas más interiores.

** Pesado automático de las pacas*

Otro tema novedoso, y que es de gran ayuda para los agricultores, es el pesado de las pacas durante su conformación en la empacadora. Esto permite tener un conocimiento más preciso de la producción de cada zona y del rendimiento de la máquina, lo cual es fundamental tanto para el agricultor como para el contratista.

Las primeras experiencias se realizaron en las universidades de Nebraska y Técnica de Munich, y se remontan a los años 1997 y 1999. Actualmente, aproximadamente doce años después de aquellos trabajos pioneros, ya tenemos disponible sistemas de pesaje en las máquinas comerciales. ¿Cómo de fiables son estos sistemas? La respuesta no es sencilla, pues aunque los fabricantes mencionan precisiones de $\pm 2\%$ en diferentes tamaños y productos de cualquier estado. La experiencia nos dice que tanto el tambaleo y sacudidas habituales en estas máquinas, como los fenómenos de histéresis propios de los sistemas electrónicos de pesaje, basados en células de carga, suelen afectar a las medidas. Esta problemática ha sido estudiada en profundidad por el grupo de investigación LPF-Tagralia, de la Universidad Politécnica de Madrid (www.lpftag.upm.es).

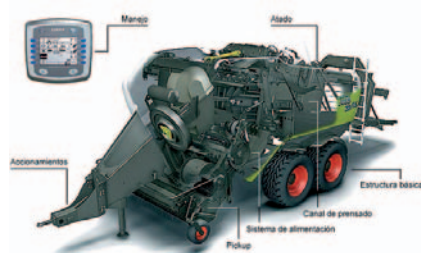
También hay que tener cuidado cuando datos sobre las condiciones del cultivo se combina con datos de geolocalización del GPS, aplicando técnicas de agricultura de precisión, con la intención de obtener mapas de rendimiento. Pues la posiciones donde se forman y se depositan las pacas no coinciden exactamente con el lugar donde estaba el material que llevan, más aun si previamente se han realizado las labores de esparcido, volteo o hilerado

** Pacas de dimensiones constantes*

Gracias a la precisión en la longitud de las pacas se ven favorecidos tanto el transporte y almacenaje, como la conservación del producto. Las empacadoras actuales disponen de sistemas tanto mecánicos como electrónicos para garantizar la longitud de las pacas. Dichos sistemas se conectan con los anudadores que terminan de confeccionar la paca y aseguran el mantenimiento de la forma y densidad correctas. En cualquier momento de utilización de la máquina se puede variar la longitud a través del panel de control (terminal, consola o pantalla) que está situado

Tabla 2. Ejemplo de datos almacenados en las tarjetas RFID

ID Paca	ID Parcela	Fecha / Hora	HR% Medio	HR% Max	Peso
2241	Field-10	8/2/2011 (12:55)	22%	27%	1420
2242	Field-10	8/2/2011 (12:56)	20%	29%	1420
2243	Field-10	8/2/2011 (12:57)	24%	30%	1420
2244	Field-10	8/2/2011 (12:58)	21%	25%	1420
2245	Field-10	8/2/2011 (12:59)	20%	23%	1420
2246	Field-10	8/2/2011 (1:00)	19%	23%	1420
2247	Field-12	8/2/2011 (1:01)	19%	34%	1420
2248	Field-12	8/2/2011 (1:02)	18%	22%	1420
2249	Field-12	8/2/2011 (1:03)	21%	24%	1420
Job Total			23%		12,78



en la cabina del tractor.

En las rotoempacadoras también se está trabajando en la mejora de la uniformidad y densidad de las pacas.

En ocasiones, los sensores mecánicos que se utilizan fallan, ya que están en contacto directo con el forraje. Por ello, en la Universidad de Purdue (<http://engineering.purdue.edu>) están trabajando en el desarrollo de nuevos sensores de infrarrojos (IR) que son capaces de medir con mayor precisión la densidad y forma de las pacas en el interior de la cámara de compresión.

IDENTIFICACIÓN ELECTRÓNICA DE PACAS

El forraje empacado en una misma finca puede variar de forma significativa en su calidad debido a diversos factores agronómicos. El tipo de suelo, insolación, viento, densidad del cultivo y humedad ambiental son algunos de los factores que determinan la cantidad de forraje, la humedad del mismo y su calidad. Se estima que la variación de peso entre pacas de una misma parcela puede llegar al 30% y hasta un 50% de su humedad relativa. Esto supone que en las grandes pacas prismáticas, que pueden pesar alrededor de una tonelada, las diferencias de peso entre pacas pueden rondar los 200-300kg. Esta variabilidad en el forraje demanda un tratamiento diferencial de los distintos lotes, que permita optimizar ►►►

►►► los ingresos que el agricultor obtiene, tanto si el forraje es vendido como si consume en la misma explotación.

Con la implantación de la tecnología de Identificación por Radio Frecuencia (RFID) la identificación individual de cada paca es posible. Estos sistemas se desarrollaron durante la segunda guerra mundial para permitir la identificación a distancia de los aviones de combate durante la batalla de Inglaterra. Pocos o ninguno imaginarían en aquellos tiempos que su aplicación se extendería hasta la maquinaria agrícola y más concretamente a los cultivos forrajeros.

Veamos cómo funciona. A medida que las pacas se van formando se les incorpora unas “*etiquetas inteligentes*” dotadas de un pequeño circuito electrónico y una antena formada por un filamento plano de cobre. Cada una de estas etiquetas dispone de una pequeña memoria, donde se le puede grabar un número de serie (o identificador) único que permite diferenciar cada paca del resto y otros datos como el peso de la paca o la humedad que contenía el forraje al ser empacado. Más adelante, cuando se necesite conocer la información de cada paca basta con acercar el lector un lector inalámbrico que permite leer la tarjeta sin necesidad de conectar ningún cable o tener línea de visión con la tarjeta. El propio lector dispone de una pantalla donde se muestran todos los datos que contiene la etiqueta RFID que se está leyendo.

En la Tabla 2 se describe un ejemplo de datos almacenados en las tarjetas RFID.

Fuente: www.harvesttec.com



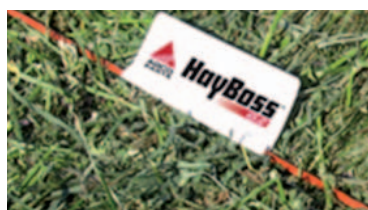
Etiquetador montado en macroempacadora



Lector RFID



Etiquetador RFID



Etiqueta RFID en paca



Antena RFID y microchip

ISOBUS

La tecnología ISOBUS ha permitido estandarizar las comunicaciones de los sistemas electrónicos en la maquinaria agrícola. En el caso de las empacadoras, se ha avanzado mucho en la interconexión de terminales virtuales (pantallas o paneles de control) con máquinas de diferentes fabricantes. Podemos decir que la práctica totalidad de las nuevas empacadoras para grandes pacas (tanto rotoempacadoras como macroempacadoras) están preparadas para funcionar con tractores compatible con ISOBUS. Así, podríamos tener una empacadora de un fabricante, un tractor de otra marca y un terminal virtual de un tercero y que todos sus dispositivos electrónicos se entendieran perfectamente. Esto limita el número de consolas que el tractorista lleva en la cabina, simplificando y facilitando el manejo de los aperos. Si la empacadora se utiliza en combinación con un tractor que no es compatible con ISOBUS, es posible instalar un monitor autónomo. Los monitores suelen disponer de pantalla táctil, diseño ergonómico, menús intuitivos a base de iconos y capacidad para añadir nuevas funciones, como por ejemplo conectar el terminal a una telecámara, para seguir el correcto desarrollo del ciclo de encintado en una máquina combinada (empacadora + encintadora) o vigilar la evolución de las pacas en el canal de una empacadora de alta densidad.

Así pues, como podemos ver, las empacadoras no han parado de evolucionar en los últimos años y se espera que lo sigan haciendo de la misma manera en un futuro próximo. Los avances seguramente seguirán viniendo de la mano de la electrónica, sensórica y otras tecnologías emergentes como los sistemas de gestión de flotas, que permitirán optimizar aun más el rendimiento de los parques de maquinaria agrícola.